



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09172639 A

(43) Date of publication of application: 30.06.1997

(51) Int. Cl. H04N 7/30
H03M 7/30, H04N 1/41

(21) Application number: 07331972
(22) Date of filing: 20.12.1995

(71) Applicant: NISSIN ELECTRIC CO LTD
(72) Inventor: NISHIMURA KOJI

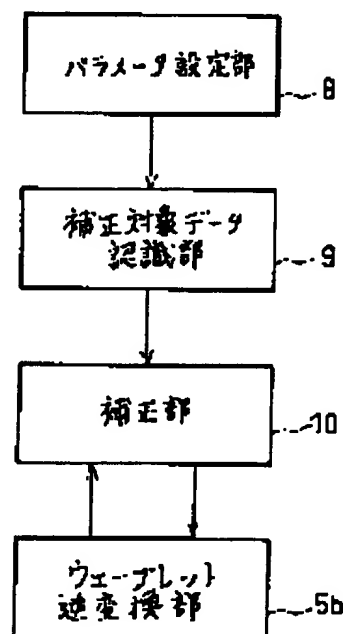
(54) IMAGE PROCESSOR

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an expanded image with high image quality by reducing the effect of blurring of a false edge due to a quantization error in the expansion process of image data compressed through nonlinear quantization after wavelet transformation with a digital filter designed by assuming a periodic boundary condition.

SOLUTION: A correction object data resistance 9 recognizes correction object data receiving the effect of a false edge in data after wavelet inverse transformation based on number of taps of a filter in use. Then a correction section 10 corrects the correction object data so that a correlation with data not affected by the false edge located in the vicinity of the correction object data is increased.

COPYRIGHT: (C)1997.JPO



2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-172639

(43) 公開日 平成 9 年 (1997) 6 月 30 日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N 7/30			H 0 4 N 7/133	Z
H 0 3 M 7/30		9382-5K	H 0 3 M 7/30	A
H 0 4 N 1/41			H 0 4 N 1/41	B

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平7-331972

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 12 月 20 日

(71) 出願人 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地

(72) 発明者 西村 耕二

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地 日

新電機株式会社内

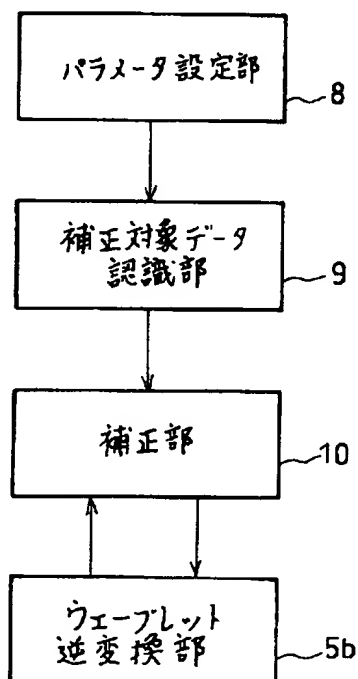
(74) 代理人 弁理士 原 謙三

(54) 【発明の名称】 画像処理装置

(57) 【要約】

【課題】 周期的境界条件を仮定して設計されたディジタルフィルタにてウェーブレット変換された後に非線形量子化により圧縮された画像データの伸張過程において、量子化誤差による偽エッジのぼやけの影響を低減し、高画質の伸張画像を得る。

【解決手段】 使用フィルタのタップ数に基づいて、ウェーブレット逆変換後のデータにおける偽エッジの影響を受けている補正対象データを、補正対象データ認識部 9 にて認識する。そして、補正対象データの近傍に位置する偽エッジの影響を受けていないデータとの相関が大きくなるように、当該補正対象データを補正部 10 にて補正する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像データに対して周期的境界条件を課して変換処理を行うデジタルフィルタで帯域分割した後、低周波成分よりも高周波成分のビット割り当てが少なくなるように非線形量子化して圧縮された画像データを伸張する画像処理装置において、
上記デジタルフィルタのタップ数に基づいて、逆変換後の画像データにおける偽エッジの影響を受けている補正対象データを認識する補正対象データ認識手段と、
上記補正対象データの近傍に位置する偽エッジの影響を受けていないデータとの相関が大きくなるように、当該補正対象データを補正する補正手段とを備えていることを特徴とする画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

$$y_{2k} = \sum_{m=0}^{N-1} h_{m-2k} x_m \quad \text{-----}(1a)$$

$$y_{2k+1} = \sum_{m=0}^{N-1} g_{m-2k} x_m \quad \text{-----}(1b)$$

【0004】ここで、 x_i はフィルタへの入力信号、 y_i はフィルタからの出力信号、 h_i はローパスフィルタ、 g_i はハイパスフィルタである。

【0005】例えば、直交ウェーブレット変換の場合、ローパスフィルタとハイパスフィルタとは、次の関係式で結ばれている。

$$【0006】 g_k = (-1)^k h_{-k+1+2K}$$

ここで、 K は任意の自然数であり、フィルタの中心をシフトさせる役割をする。

【0007】上記のようなデジタルフィルタの中でも、時間周波数の局在性の良いものとして、下表 1 また

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、周期的境界条件のもとで設計されたデジタルフィルタを用いて圧縮された画像データの伸張過程において用いられる画像処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 今日では、新しい画像圧縮アルゴリズムとして、サブバンド符号化やウェーブレット変換などの帯域分割方式が注目されている。この方式が画像などのデジタルデータの圧縮処理に用いられる場合、下式（1a）および（1b）の代数方程式で表される共通したフィルタ操作に相当する。

【0003】

【数 1】

は表 2 に示されるフィルタ係数を有する 4 または 6 タップの離散ウェーブレット変換の直交フィルタが知られている。下表 1 および表 2 において、ローパスフィルタのフィルタ係数は“ h_0 、 h_1 、…”、ハイパスフィルタのフィルタ係数は“ g_0 、 g_1 、…”で示しており、4 タップでは h_0 ないし h_3 、および g_0 ないし g_3 以外のフィルタ係数は全て 0 であり、6 タップでは h_0 ないし h_5 、および g_0 ないし g_5 以外のフィルタ係数は全て 0 である。

【0008】

【表 1】

4 タップフィルタ			
ローパスフィルタ		ハイパスフィルタ	
h_0	0. 4 8 2 9 6 3	g_0	- 0. 1 2 9 4 1 0
h_1	0. 8 3 6 5 1 6	g_1	- 0. 2 2 4 1 4 4
h_2	0. 2 2 4 1 4 4	g_2	0. 8 3 6 5 1 6
h_3	- 0. 1 2 9 4 1 0	g_3	- 0. 4 8 2 9 6 3

【0009】

【表 2】

6タップフィルタ			
ローパスフィルタ		ハイパスフィルタ	
h_0	0.332671	g_0	0.035226
h_1	0.806892	g_1	0.085441
h_2	0.459878	g_2	0.135011
h_3	-0.135011	g_3	-0.459878
h_4	-0.085441	g_4	0.806892
h_5	0.035226	g_5	-0.332671

【0010】尚、8タップ以上のフィルタも、20タップを超えるようなものまで設計されているが、処理速度の面から実用的と考えられるのは、4または6タップフィルタである。

【0011】これらのフィルタにおいては、画像端での処理に関して周期的境界条件（周期関数としての条件）を仮定して設計されている。すなわち、下記のN個の画像データ列

$$y_0 = h_0 x_0 + h_1 x_1 + h_2 x_2 + h_3 x_3$$

$$y_1 = g_0 x_0 + g_1 x_1 + g_2 x_2 + g_3 x_3$$

:

$$y_{N-2} = h_0 x_{N-2} + h_1 x_{N-1} + h_2 x_N + h_3 x_{N+1}$$

$$y_{N-1} = g_0 x_{N-2} + g_1 x_{N-1} + g_2 x_N + g_3 x_{N+1}$$

となり、画像端でデータ x_N および x_{N+1} が不足するので、 $x_N = x_0$ 、 $x_{N+1} = x_1$ として補う。

【0012】このように周期的境界条件を課すことの利点は、上記のフィルタ操作が直交行列で簡潔に表現できることであり、これにより当該行列の転置をとることによって逆変換を直ちに求めることができる。

【0013】また、画像に関しては2次元データであるので、その変換は、通常の2次元フーリエ変換等と同様に、縦（垂直方向）・横（水平方向）の変換のテンソル積で表される。ハイパスフィルタで変換したデータをHデータ、ローパスフィルタで変換したデータをLデータとすると、画像の場合は縦方向と横方向に両方に変換を行うので、LL、LH、HL、HHの4種類の帯域に分割された変換データが得られる。このうち、LLデータに関しては、所望の回数だけ階層的に同様の変換処理が行われる（いわゆる多重解像度解析）。

【0014】上記のウェーブレット変換によって帯域分割された画像データは、Maxの量子化等の非線形量子化が行われた後、さらにハフマン符号化等のエントロピー符号化が行われ、圧縮データとして保存等が行われる。

【0015】また、画像伸張装置において、上記の圧縮データは、エントロピー復号化された後、ウェーブレット逆変換が行われて元の画像に復元される。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】上記のウェーブレット

$x_0, x_1, x_2, \dots, x_{N-2}, x_{N-1}$

の入力データ x_i に対して、その両端部を仮想的に拡張して当該入力データ x_i を、

$\dots, x_0, x_1, x_2, \dots, x_{N-2}, x_{N-1}, x_0, x_1, x_2, \dots$

と考へて、上式（1a）および（1b）が適用できるようにしている。例えば、4タップフィルタでは、

変換などのように、画像処理に用いられる帯域分割方式のデジタルフィルタは、通常4タップ以上のものが用いられる。そして、4タップ以上のフィルタにおいては、上述のように画像端での処理に関して周期的境界条件を仮定して設計されたものがよく使われる。

【0017】これらのフィルタを使用する場合、画像データに対して上述の周期的境界条件を課さなければならない。しかしながら、上下両端または左右両端でコントラストの強い画像に対して周期的境界条件を課してしまうと、画像の継ぎ目の部分（画像の上下左右の端部付近）に鋭い偽のエッジ（偽輪郭）が現れる。すなわち、一般的に画像データ値にはある程度の距離相関（冗長性）があるので、高周波成分は低周波成分に比べると少なくなっているが、上述のように周期的境界条件を課して画像端をつなげると、その継ぎ目の部分には画像データ値に距離相関がなく、データの不連続性のために高周波成分が多く含まれてしまうのである。

【0018】ところで、一般的に、画像符号化に際しては、高圧縮率を得るために、『人間の目は高周波成分に対して鈍感である』という視覚特性を利用して、量子化の際に低周波成分よりも高周波成分のビット割り当てを少なくするという手法をとり、画質の劣化を抑えたデータ圧縮を実現している。但し、高周波成分のビット割り当てを少なくしていくと、エッジがぼやけてしまう。これはギブス現象（Gibbs' phenomenon）とも言われるものである。上述のように周期的境界条件によって現れた

偽のエッジは高周波成分が大きいので、圧縮率を高めるために高周波成分のビット割り当てを少なくしていった場合、その影響が、復元画像において画像端（画像の継ぎ目部分）付近の輪郭の大きなぼやけとして現れてしまう。偽エッジの影響を受ける範囲は、フィルタのタップ数に依存し、ウェーブレットの波長程度である。

【0019】本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、その目的は、圧縮データの伸張過程において、偽エッジの影響を低減することができる画像処理装置を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係る画像処理装置は、画像データに対して周期的境界条件を課して変換処理（例えばウェーブレット変換）を行うデジタルフィルタで帯域分割した後、低周波成分よりも高周波成分のビット割り当てが少なくなるように非線形量子化して圧縮された画像データを伸張するものであって、上記の課題を解決するために、以下の手段が講じられていることを特徴としている。

【0021】すなわち、上記デジタルフィルタのタップ数に基づいて、逆変換後の画像データにおける偽エッジの影響を受けている補正対象データを認識する補正対象データ認識手段と、上記補正対象データの近傍に位置する偽エッジの影響を受けていないデータとの相関が大きくなるように、当該補正対象データを補正する補正手段とを備えている。

【0022】上記の構成において、画像データに対して周期的境界条件を課したフィルタリング、およびその後の非線形量子化により、圧縮された画像データは量子化誤差による偽エッジのぼやけの影響を受けている。ただし、上記のデジタルフィルタを用いた帯域分割方式では、離散コサイン変換（DCT）等とは異なり、局在した波で変換を行っているため、①偽エッジにおける高周波成分の量子化誤差の拡散も偽エッジ付近に局在している。また、②自然画像は、一般的に、画像の画素値間に短距離的な相関がある。

【0023】本発明に係る画像処理装置は、上記①および②の2つの性質を利用したもので、まず、逆変換後のデータにおいて、偽エッジの影響を受けている補正対象データを補正対象データ認識手段が認識する。偽エッジの影響を受ける範囲は、ウェーブレットの波長程度であって、フィルタのタップ数に依存するので、圧縮過程で使用されたデジタルフィルタのタップ数に基づいて認識することができる。そして、その後、上記補正対象データの近傍に位置する偽エッジの影響を受けていないデータとの相関が大きくなるように、当該補正対象データを補正手段にて補正する。

【0024】このように逆変換された後のデータに対して後処理をすることによって、従来の圧縮データを変更すること無く、さらに伸張アルゴリズムを大きく変更す

ること無く、量子化誤差による偽エッジのぼやけの影響を、圧縮率の低下を招来することなく、伸張過程において圧縮データだけから取り除くことができる。

【0025】また、補正対象データを認識した上で、局的（偽エッジの影響を受けている部分のみ）に後処理を行うので、当該補正処理に時間がかからず、短時間で偽エッジの影響の少ない高画質の復元画像が得られる。

【0026】

【発明の実施の形態】発明の実施の一形態について図1ないし図6に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0027】本実施形態に係る画像処理装置は、周期的境界条件のもので設計されたデジタルフィルタを用いて圧縮された画像データの伸張過程において用いられるものである。ここでは、周期的境界条件のもので設計されたデジタルフィルタとしてウェーブレット変換を行うフィルタを例示し、まず、当該フィルタを用いた画像の圧縮過程から説明する。

【0028】図2に示すように、画像圧縮装置は、基本的に、入力画像に対してウェーブレット変換処理を行うウェーブレット変換部1と、上記ウェーブレット変換部1で各帯域毎に分割されたデータ（ウェーブレット変換係数）に対して、低周波成分よりも高周波成分のビット割り当てが少なくなるようにして非線形量子化（Maxの量子化等）を行う量子化部2と、量子化されたデータに対してハフマン符号化やランレングス符号化等のエントロピー符号化を行う符号化部3とから構成され、符号化されたデータを圧縮データとして出力する。また、上記の圧縮データの保存に際しては付加情報がつけられて圧縮ファイルが生成される。

【0029】上記ウェーブレット変換部1は、図3に示すように、縦（垂直方向）・横（水平方向）各々のハイパスフィルタ（HPF）およびローパスフィルタ（LPF）を含み、これら2種のフィルタによるフィルタリングを、2次元画像データ（原画像またはLLデータ）の各行と各列にそれぞれ施して帯域分割し、LL、LH、HL、HHの4種類の変換データを得る。このうち、LLデータに関しては、上記のフィルタリング、すなわち2次元ウェーブレット変換処理を所定の回数だけ再帰的に行う。LLデータに対するウェーブレット変換が再帰的に行われる毎にLLデータの解像度は低くなっていく（多重解像度解析）。

【0030】ここで、上記のウェーブレット変換処理が行われる対象のデータ列をベクトル $x=t(x_0, x_1, \dots, x_{N-2}, x_{N-1})$ とし、当該データ列を周期的境界条件のもので設計されたローパスフィルタHでフィルタリングして得られたデータ列をベクトル $c=t(c_0, c_1, \dots, c_{N-2}, c_{N-1})$ とすると、

【0031】

【数2】

$$\vec{c} = H \vec{x} \quad \text{-----}(2)$$

【0032】である。上記のベクトル c の成分 $\{c_i\}$ は、上式(1a)の $\{y_{2k}\}$ と同じものであり、そのデータ数はベクトル x の成分 $\{x_i\}$ の個数の半分である。

$$\begin{pmatrix} c_0 \\ c_1 \\ \vdots \\ c_{\frac{N}{2}-2} \\ c_{\frac{N}{2}-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_0 & h_1 & h_2 & h_3 & 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & h_0 & h_1 & h_2 & h_3 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & h_0 & h_1 & h_2 & h_3 \\ h_2 & h_3 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & 0 & 0 & h_0 & h_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_0 \\ x_1 \\ \vdots \\ x_{N-2} \\ x_{N-1} \end{pmatrix} \quad \text{----}(3)$$

【0034】となる。上式(3)から分かるように、入力データ $\{x_i\}$ のうち周期的境界条件が課されるのは、両端から2つの画素データ x_0 、 x_1 および x_{N-2} 、 x_{N-1} が変換される部分であり、ローパスデータ $\{c_i\}$ の最終端成分 $c_{(N/2)-1}$ は、この周期的境界条件のもとで生成される。

【0035】同様に、データ列 $\{x_i\}$ を周期的境界条件のもので設計されたハイパスフィルタ G でフィルタリングして得られたデータ列をベクトル $d = (d_0, d_1, \dots, d_{N-2}, d_{N-1})$ とすると、

【0036】

$$\begin{pmatrix} d_0 \\ d_1 \\ \vdots \\ d_{\frac{N}{2}-2} \\ d_{\frac{N}{2}-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_0 & g_1 & g_2 & g_3 & 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g_0 & g_1 & g_2 & g_3 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & g_0 & g_1 & g_2 & g_3 \\ g_2 & g_3 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & 0 & 0 & g_0 & g_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_0 \\ x_1 \\ \vdots \\ x_{N-2} \\ x_{N-1} \end{pmatrix} \quad \text{----}(5)$$

【0039】となる。上式(5)から分かるように、入力データ $\{x_i\}$ のうち周期的境界条件が課されるのは、両端から2つの画素データ x_0 、 x_1 および x_{N-2} 、 x_{N-1} が変換される部分であり、ハイパスデータ $\{d_i\}$ の最終端成分 $d_{(N/2)-1}$ は、周期的境界条件のもとで生成される。

【0040】ウェーブレット変換は、上記の H と G とから作られる正方行列 W (N 行 N 列)、

【0041】

【数6】

$$W = \begin{bmatrix} H \\ G \end{bmatrix} \quad \text{----}(6)$$

る。上記ローパスフィルタ H を4タップとして $N/2$ 行 N 列の変換行列で表せば、上式(2)は、

【0033】

【数3】

【数4】

$$\vec{d} = G \vec{x} \quad \text{-----}(4)$$

【0037】である。上記のベクトル d の成分 $\{d_i\}$ は、上式(1b)の $\{y_{2k+1}\}$ と同じものであり、そのデータ数はベクトル x の成分 $\{x_i\}$ の個数の半分である。上記ハイパスフィルタ G を4タップとし、 $N/2$ 行 N 列の変換行列で表せば、上式(4)は、

【0038】

【数5】

【0042】にて施される。すなわち、 $\{x_i\}$ から $\{y_i\}$ へのウェーブレット変換は、ベクトル記法で、

【0043】

【数7】

$$\vec{y} = W \vec{x} \quad \text{----}(7)$$

【0044】で表すことができ、変換されたデータ $\{y_i\}$ は、ベクトル記法で、

【0045】

【数8】

$$\vec{y} = \begin{pmatrix} c_0 \\ c_1 \\ \vdots \\ c_{\frac{N}{2}-2} \\ c_{\frac{N}{2}-1} \\ d_0 \\ d_1 \\ \vdots \\ d_{\frac{N}{2}-2} \\ d_{\frac{N}{2}-1} \end{pmatrix} \quad \text{-----}(8)$$

【0046】のように並べられる。

【0047】上記のWを成分表示すれば、

【0048】

【数9】

$$W = \begin{pmatrix} h_0 & h_1 & h_2 & h_3 & 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & h_0 & h_1 & h_2 & h_3 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & h_0 & h_1 & h_2 & h_3 \\ h_2 & h_3 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & 0 & 0 & h_0 & h_1 \\ g_0 & g_1 & g_2 & g_3 & 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g_0 & g_1 & g_2 & g_3 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & g_0 & g_1 & g_2 & g_3 \\ g_2 & g_3 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & 0 & 0 & g_0 & g_1 \end{pmatrix} \quad \text{---}(9)$$

【0049】となる。この行列Wは直交行列になっており、当該行列Wの転置によってウェーブレット逆変換は簡単に求まる。

【0050】上式(8)に示される変換データ $\{y_i\}$ のうち、下半分の高周波成分は、上半分の低周波成分よりも量子化ビット数の割り当てが少なくなっているため、量子化誤差がより大きく現れる。振幅(成分の絶対値)の小さい部分は大きな影響は無いが、振幅の大きい部分(これはエッジ部分に相当)は、量子化ビット数の低下による影響が大きく、これが顕著になると画像がぼやけて見える。周期的境界条件によって発生する偽エッジ部分はかなり大きな振幅値を持っており、その影響は特に強い。変換データ $\{y_i\}$ のうち、周期的境界条件の影響を受けている部分は、第N成分の $d_{(N/2)-1}$ であり、ここに高周波成分における偽エッジの量子化誤差が現れる。尚、第N/2成分の $c_{(N/2)-1}$ も上述のように周期的境界条件の影響を受けているが、量子化ビット数が高周波成分よりも多く割り当てられているので量子化誤差は少ない。

【0051】本実施形態の画像処理装置は、画像伸張過

程において上記の偽エッジの影響を除去する機能を有しており、図4に示すように、基本的に、画像データの入出力を行うインターフェース(I/F)部4と、画像伸張装置5と、後処理部6とを有し、これら4~6が内部バス7で相互接続された構成である。

【0052】上記画像伸張装置5は、よく知られている一般的な構成のものを採用することができ、図5に示すように、上記の画像圧縮装置で符号化された圧縮画像をエントロピー復号化する復号化部5aと、ウェーブレット逆変換処理を行うウェーブレット逆変換部5bとを備えている。

【0053】上記後処理部6は、図4に示すように、画像処理用CPU6aと、画像処理用メモリ6bとを備え、ウェーブレット逆変換された後のLLデータまたは最終の伸張画像に対して後処理を施し、偽エッジの影響を除去する部分である。

【0054】上記ウェーブレット逆変換部5bで施されるウェーブレット逆変換は、上記行列Wの転置行列 W^T を用いて、

【0055】

【数10】

$$\vec{x} = W^T \vec{y}$$

----- (10)

ば、

【0057】

【数11】

【0056】で表すことができ、 W^T を成分表示すれば、

$$W^T = \begin{pmatrix} h_0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & h_2 & g_0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & g_2 \\ h_1 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & h_3 & g_1 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & g_3 \\ h_2 & h_0 & \vdots & \cdots & \vdots & 0 & g_2 & g_0 & \vdots & \cdots & \vdots & 0 \\ h_3 & h_1 & \vdots & \cdots & \vdots & 0 & g_3 & g_1 & \vdots & \cdots & \vdots & 0 \\ 0 & h_2 & h_0 & \ddots & \vdots & 0 & 0 & g_2 & g_0 & \ddots & \vdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & h_2 & h_0 & 0 & \vdots & \vdots & \ddots & g_2 & g_0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & h_3 & h_1 & 0 & \vdots & \vdots & \ddots & g_3 & g_1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 & h_2 & h_0 & \vdots & \vdots & \ddots & 0 & g_2 & g_0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & h_3 & h_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & g_3 & g_1 \end{pmatrix} \quad \text{--- (11)}$$

【0058】となる。

【0059】このウェーブレット逆変換行列 W^T から明らかなように、上式(8)に示される入力データ

$\{y_i\}$ のうちの周期的境界条件の影響を受けている $d(N/2)-1$ が出力データ $\{x_i\}$ にも反映されるのは、 x_0 、 x_1 および x_{N-2} 、 x_{N-1} である。すなわち、本実施形態の後処理部6による処理を行わなければ、ウェーブレット逆変換後の出力データ $\{x_i\}$ の両端から2つの画素データが、偽エッジの量子化誤差の影響を被ることになる。

【0060】尚、上記では4タップフィルタの場合について考えたが、例えば周期的境界条件のもので設計された6タップのハイパスフィルタおよびローパスフィルタを用いた場合は、同様に、 x_0 、 x_1 、 x_2 、 x_3 、および x_{N-4} 、 x_{N-3} 、 x_{N-2} 、 x_{N-1} に偽エッジの影響が現れる。

【0061】また、2次元画像データに対しては、各行・各列に対してフィルタリングが行われているので、上記の偽エッジの影響も各行・各列に現れる。

【0062】以上より、偽エッジの量子化誤差の影響が現れるのは、LLデータまたは最終の伸張画像の上下左右端であり、その範囲はフィルタのタップ数に依存することが分かる。偽エッジの影響を受ける各画像端の行数(または列数) L は、タップ数を n_T とすると、

$$L = n_T - 2$$

である。

【0063】そこで、上記後処理部6は、以下のようにして偽エッジの影響を取り除く。

【0064】自然画像は、一般的に、画像の画素値間に短距離的な相関がある。また、上記のウェーブレット変換は、離散コサイン変換(DCT)等とは異なり、局在した波で変換を行っているので、高周波成分における偽エッジの量子化誤差の拡散も上述のように偽エッジ付近に局在している。これら2つの性質を利用して、ウェーブレット逆変換後の画像端に現れた、偽エッジのぼやけ

の影響を、補正除去する。この補正は、ウェーブレット逆変換の各レベル(各段階)におけるLLデータまたは最終の伸張画像に対して行うものであり、画像端付近における偽エッジの影響が及ばないデータとの相関が大きくなるように、偽エッジの影響を受けている画像端データを加工するものである。

【0065】すなわち、ウェーブレット変換ではタップ数が4または6のフィルタがよく用いられるが、この程度の比較的短いタップ数のものであれば、ウェーブレット逆変換後の画像端のデータにおいて、偽エッジの影響を受けるのは数行(列)であり(4タップで2行(列)、6タップで4行(列)であり)、これらのデータと偽エッジの影響が及ばない画像端付近のデータ(4タップなら画像端から3行(列)目またはその近傍のデータ、6タップなら画像端から5行(列)目またはその近傍のデータ)との相関は比較的大きいと考えられる。

【0066】一例として、ウェーブレット逆変換後の復元画像の上部に現れた偽エッジのぼやけの補正について具体的に説明する。

【0067】偽エッジの影響を受けているデータ列に対して、4タップならば復元画像の上端から3行目、6タップならば復元画像の上端から5行目の偽エッジの影響を受けていないデータ列との相関を考える。この偽エッジの影響を受けていないデータ列(N 個、 N 次元)を、行ベクトル $a = (a_1, a_2, \dots, a_N)$ と表すことにする。また、4タップならば復元画像の下端から3行目、6タップならば復元画像の下端から5行目の偽エッジの影響を受けていないデータ列を、同様に、行ベクトル $b = (b_1, b_2, \dots, b_N)$ と表す。そして、上記のベクトル a とベクトル b とを用いて、周期的境界条件によって発生した偽エッジの高周波成分ベクトル z を、次のように近似する。

【0068】

【数12】

$$\vec{z} = \vec{a} - \vec{b} = {}^t(a_1 - b_1, a_2 - b_2, \dots, a_N - b_N) \quad \text{----(12)}$$

【0069】すなわち、偽エッジの高周波成分を、復元画像の上端の量子化誤差の少ない部分と、その下端の量子化誤差の少ない部分との差で近似する。

【0070】このようにして近似した高周波成分ベクトル \vec{z} を、補正対象のデータ列（行ベクトル）に重ね合わせて、次のようにしてデータを補正する。すなわち、補正対象の第 i -行のデータ列を行ベクトル $\vec{w} = {}^t(w_1, w_2, \dots, w_N)$ とし、補正パラメータ α_i を導入し、復元画像の第 i -行のデータ列に偽エッジの高周波成分ベクトル \vec{z} の α_i 倍を重ね合わせた下記の補正データ

$$C_i = |\vec{a} - (\vec{w} + \alpha_i \vec{z})|^2 = \sum_{j=1}^N \{a_j - (w_j + \alpha_i z_j)\}^2 \quad \text{----(14)}$$

【0074】上記の相関度 C_i を最小にする α_i によって、復元画像の第 i -行のデータ列を補正する。すなわち、
 $\partial C_i / \partial \alpha_i = 0$

$$\alpha_i = \frac{(\vec{a} - \vec{w}) \cdot \vec{z}}{|\vec{z}|^2} = \frac{\sum_{j=1}^N (a_j - w_j) z_j}{\sum_{j=1}^N z_j^2} \quad \text{-----(15)}$$

【0076】によって補正パラメータ α_i を決定し、上式(13)に示される補正データ列（ベクトル \vec{d}_i ）を求める。偽エッジの高周波成分ベクトル \vec{z} の α_i 倍は、量子化によって生じたエッジデータの誤差を補償する役割を果たし、補正後のデータ列は、画像上部の偽エッジの影響の無いデータと相関の強い、偽エッジのぼやけを

$$\vec{d}_i = \vec{w} + \alpha_i \vec{z} + \beta_i \vec{1} \\ \vec{1} = (1, 1, \dots, 1)$$

【0079】を考慮して補正してもよい。この場合は、下記の連立方程式、 $\partial C_i / \partial \alpha_i = 0$ 、 $\partial C_i / \partial \beta_i = 0$ を解くことによって、補正パラメータ α_i 、 β_i を決定する。

【0080】そして、ウェーブレット逆変換後の画像の下端、左端、および右端に現れた偽エッジのぼやけの補正に関しても、同様の処理を行えばよい。

【0081】尚、上記では(13)または(16)の補正式を用いた補正モデルを示したが、画像端付近における偽エッジの影響が及ばないデータとの相関が大きくなるように、偽エッジの影響を受けている画像端データを補正する処理は、これに限定されるものではない。上記のような補正式を用いる利点は、その補正モデルが簡単であるため、解析的に補正量（偽エッジの高周波成分ベ

列（ベクトル \vec{d}_i ）、

【0071】

【数13】

$$\vec{d}_i = \vec{w} + \alpha_i \vec{z} \quad \text{----(13)}$$

【0072】を考える。そして、この補正データ列（ベクトル \vec{d}_i ）と偽エッジの影響を受けていない行ベクトル \vec{a} との相関度 C_i を考える。

【0073】

【数14】

を満たす、

【0075】

【数15】

補正したものとなっている。

【0077】尚、より一般的に、上記の補正式(13)に定数項を付加した、

【0078】

【数16】

$$\text{----(16)}$$

クトル \vec{z} の α_i 倍)が求められることで、計算量が大変少ないところにある。

【0082】図4に示されるように、後処理部6は、画像処理用CPU6a等から構成されるものであるが、その機能モジュール構成を示せば、図1に示すように、基本的には、パラメータ設定部8と、補正対象データ認識部9（補正対象データ認識手段）と、補正部10（補正手段）とからなる。

【0083】上記パラメータ設定部8は、画像の圧縮に用いられたデジタルフィルタのタップ数などの補正処理に必要な各種パラメータ（上記の補正パラメータ α_i 、 β_i とは異なる）の設定を行う。

【0084】上記補正対象データ認識部9は、上記パラメータ設定部8で設定されたデジタルフィルタのタッ

ブ数に基づいて、ウェーブレット逆変換後（伸張後）の画像データにおける偽エッジの影響を受けている補正対象データを認識する。この補正対象データは、上述のように、タップ数から容易に認識することができる。

【0085】上記補正部10は、上記補正対象データの近傍に位置する偽エッジの影響を受けていないデータ（上述のように、通常は補正対象データに最も近いデータを使用するが、短距離的相関が保たれている範囲内の近傍データを使用してもよい）との相関が大きくなるように、当該補正対象データを上述のように補正する。

【0086】次に、図4の画像処理装置のブロック図および図6のフローチャートに基づいて、当該装置の動作を説明する。

【0087】まず、インターフェース部4より圧縮データを取り込んだ後（S1）、画像処理用CPU6aが、補正処理のための各種パラメータの設定を行う（S2）。上記の各種パラメータとしては、圧縮ファイルのヘッダの解釈によって得られるフィルタのタップ数などの他に、使用者が任意に設定できるパラメータを設けることもできる。例えば、補正処理を行うか否かを使用者が予め設定できるパラメータを用意することができる。また、上下左右端の内のどの部分の補正を行うかを使用者自らが予め設定できるパラメータを用意すれば、上下端のみ補正を行うような設定も可能である。また、何回目以降のウェーブレット逆変換後のLLデータ（または最終伸張画像）に対して補正処理を行うかを使用者自らが予め設定できるパラメータを用意すれば、最終伸張画像のみに補正処理を行うような設定も可能である。

【0088】その後、上記のパラメータの設定に従って、補正処理する画像端の選択等が行われ、このとき、もし補正処理する画像端が選択されていなければ（S3でNO）、通常の復号化およびウェーブレット逆変換処理が行われる（S4）。

【0089】一方、補正処理する画像端が選択されていれば（S3でYES）、画像伸張装置5において圧縮データのエン트로ピー復号化が行われた後（S5）、ウェーブレット逆変換が行われ（S6）、これにてLLデータが得られる。

【0090】その後、画像処理用CPU6aが画像伸張装置5へ割り込み信号を送り、画像伸張装置5の処理を一旦中断させ、以下のLLデータの加工処理を行う（S7）。まず、ウェーブレット逆変換で得られたLLデータにおける、補正対象の偽エッジの影響を受けている行または列データ、およびその補正に必要な行または列データを、画像処理用メモリ6bへ転送させる。次に、画像処理用CPU6aは、上記画像処理用メモリ6b上の補正対象のデータに対して、上述した偽エッジの影響を除去する補正処理を行い、補正データを得る。次に、画像処理用CPU6aは、画像伸張装置5にセットされているLLデータの補正対象部分のデータを、偽エッジの

影響を除去した補正後のデータに書き換える。その後、画像処理用CPU6aは、画像伸張装置5に補正処理が終わったことを知らせて中断されていた処理を再開させる。

【0091】その後、ウェーブレット逆変換回数のチェックが行われ（S8）、所定の回数の逆変換処理が完了して最終の伸張画像が得られたならば、当該ルーチンを終了する一方、逆変換処理が完了していなければ、再度S6に戻って逆変換処理が完了するまでS6～S8を繰り返す。

【0092】尚、図6のフローチャートには示していないが、S2において、n回目以降のウェーブレット逆変換後のLLデータ（または最終伸張画像）に対して補正処理を行うように設定されている場合、（n-1）回目までのウェーブレット逆変換後のLLデータに対しては、S7のLLデータの加工は実行しないスキップ処理を行う。

【0093】以上のように、本実施形態の画像処理装置は、画像データに対して周期的境界条件を課して変換処理を行うデジタルフィルタ（上記ではウェーブレット変換）で帯域分割した後、低周波成分よりも高周波成分のビット割り当てが少なくなくなるように非線形量子化して圧縮された画像データを伸張する過程において、フィルタのタップ数に基づいて偽エッジの影響を受けている補正対象データを認識し、この補正対象データの近傍に位置する偽エッジの影響を受けていないデータとの相関が大きくなるように、補正対象データを補正するものである。

【0094】これにより、伸張（ウェーブレット逆変換）された後のLLデータまたは最終の伸張画像に対して後処理をすることによって、従来の圧縮伸張アルゴリズムを大きく変更すること無く、高圧縮率領域（高周波成分領域）において発生する量子化誤差による偽エッジのぼやけの影響を、圧縮率を低下することなく、圧縮データだけから取り除くことができる。

【0095】また、補正対象データを認識した上で、LLデータまたは最終の伸張画像のごく一部のデータ（偽エッジの影響を受けている部分のみのデータ）の後処理を行うので、当該補正処理に時間がかからず、短時間で偽エッジの影響の少ない高画質の復元画像が得られる。

【0096】伸張過程が何段階にも分かれているときは、各段階におけるLLデータについて上記の補正を順次行うことによって、偽エッジの影響を大幅に除去することができる。尚、最終段階の逆変換されたデータ（最終伸張画像）だけに補正を加える構成も可能であり、この場合は、完全な後処理なので、従来の圧縮・伸張装置を何ら変更することなく、単に伸張装置の出力部に後処理を行う画像処理装置を付加するだけで、ハードウェア的にも容易に実現できる。また、ハードウェア化しなくともソフトウェア的な処理でも十分処理速度は早く、従

来の画像伸張装置に一切の変更を加えずに偽エッジの影響を低減することが可能である。

【0097】尚、上記実施形態では、主としてウェーブレット変換を用いた圧縮データに対する補正について説明したが、これに限定されるものではない。すなわち、本発明は、画像データに対して周期的境界条件を課して変換処理を行うデジタルフィルタで帯域分割した後、低周波成分よりも高周波成分のビット割り当てが少なくなるように非線形量子化して圧縮された画像データ全般に対して適用可能であり、例えば周期的境界条件を課して設計されたデジタルフィルタを用いたサブバンド符号化によって圧縮された画像データの補正にも適用できる。上記実施形態は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、特許請求の範囲内で、いろいろと変更して実施することができるものである。

【0098】

【発明の効果】本発明の画像処理装置は、以上のように、使用されたデジタルフィルタのタップ数に基づいて、逆変換後の画像データにおける偽エッジの影響を受けている補正対象データを認識する補正対象データ認識手段と、上記補正対象データの近傍に位置する偽エッジの影響を受けていないデータとの相関が大きくなるように、当該補正対象データを補正する補正手段とを備えている構成である。

【0099】それゆえ、従来の圧縮伸張アルゴリズムを大きく変更すること無く、量子化誤差による偽エッジのぼやけの影響を、圧縮率を低下することなく、伸張過程において圧縮データだけから取り除くことができる。また、偽エッジの影響を受けている部分に対して局所的に

後処理を行うので、当該補正処理に時間がかからず、短時間で偽エッジの影響の少ない高画質の復元画像が得られるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示すものであり、画像処理装置の要部の構成を示すブロック図である。

【図2】画像圧縮装置の基本的な構成を示すブロック図である。

【図3】図2のウェーブレット変換部の概略構成を示すブロック図である。

【図4】上記画像処理装置の基本的な構成を示すブロック図である。

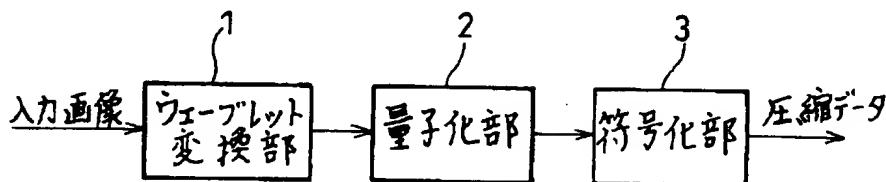
【図5】図4の画像伸張装置の概略構成を示すブロック図である。

【図6】上記画像処理装置の動作を示すフローチャートである。

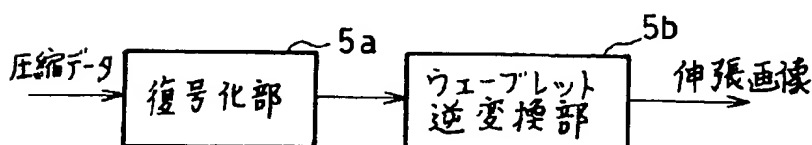
【符号の説明】

- 1 ウェーブレット変換部
- 2 量子化部
- 3 符号化部
- 4 インターフェース部
- 5 画像伸張装置
- 5a 復号化部
- 5b ウェーブレット逆変換部
- 6 後処理部
- 6a 画像処理用CPU
- 6b 画像処理用メモリ
- 8 パラメータ設定部
- 9 補正対象データ認識部（補正対象データ認識手段）
- 10 補正部（補正手段）

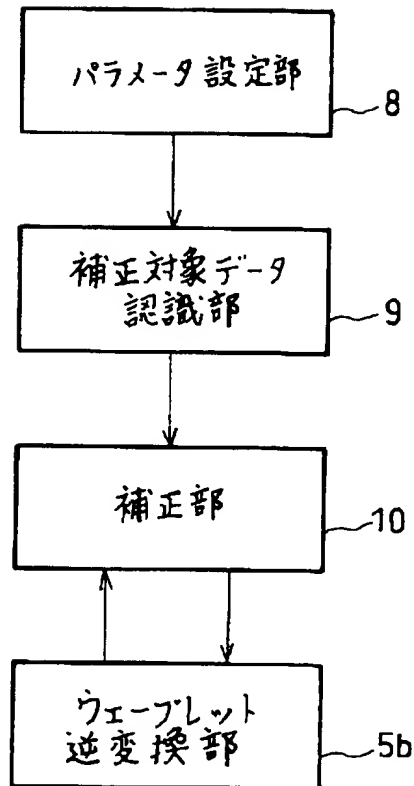
【図2】



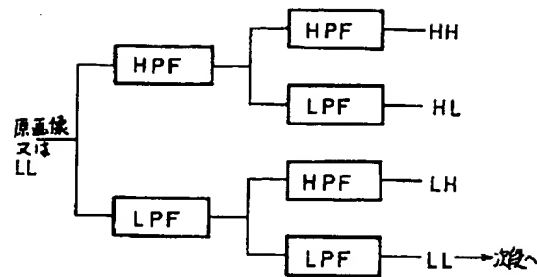
【図5】



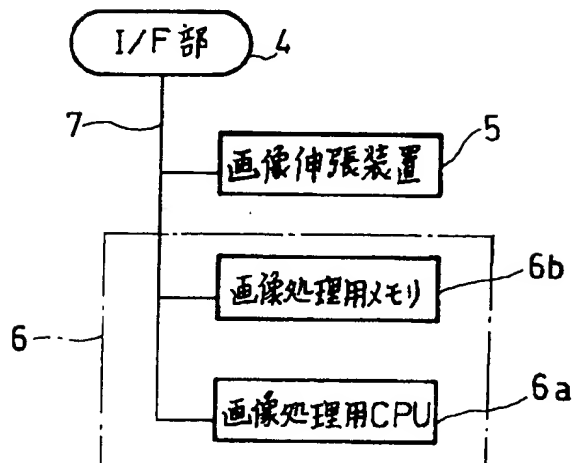
【図1】



【図3】



【図4】



【図6】

